

UDK: 630\*561.24:630\*174.7 *Abies alba* Mill + 630\*174.7 *Picea abies* Karst + 630\*176.1 *Quercus* sp. (497.12)

# Slovenija, regija za dendrokronološke raziskave

## Slovenia, a Region for Dendrochronological Investigations

Katarina ČUFAR<sup>a)</sup>, Tom LEVANIČ<sup>b)</sup>, Martin ZUPANČIČ<sup>c)</sup>

### Izvleček

Predstavljamo dendrokronološki laboratorij na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani in možnost priprave jelovih (*Abies alba* Mill.), smrekovih (*Picea abies* Karst) in hrastovih (*Quercus* sp.) referenčnih kronologij za potrebe datiranja v Sloveniji.

**Ključne besede:** dendrokronologija, Slovenija, *Abies alba*, *Picea abies*, *Quercus* sp.

### UVOD

Dendrokronologija je veda, ki omogoča datiranje in razlago preteklih dogodkov z analizo branik. Najpogosteje preučuje njihove širine, ki iz leta v leto variirajo zaradi vpliva številnih dejavnikov, med katerimi je najpomembnejša klima. Pravi razmah je metoda v svetu doživela šele v zadnjih desetletjih. Arheologi, umetnostni zgodovinarji in restavratorji jo uporabljajo za določevanje starosti zgodovinskih objektov in umetniških predmetov. Posebej jo cenijo tam, kjer zanesljivo datiranje sicer ni bilo mogoče. Tako so s sklenjenimi kronologijami letnih prirastkov hrasta od danes do neolitika ob dodatni analizi radioaktivnega ogljika določili datume nastanka in zatona prazgodovinskih naselbin (kolišč), ki so jih dotedaj datirali izključno z analogijami iz drobnih najdb. Razložili so, kje in kako sta v Evropi potekala transport in trgovina z lesom ter vrednejšimi lesenimi predmeti, z metodo pogosto ločijo originale najvrednejših lesenih predmetov od ponaredkov, lahko pa bi našli še številne zanimive rezultate.

Preden metodo lahko uporabimo za

### Abstract

A brief description is given of the work of the Dendrochronological Laboratory of the Department of Wood Science and Technology, which is part of the Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana. In Slovenia, there are good possibilities for the establishing of silver fir (*Abies alba* Mill.), spruce (*Picea abies* Karst) and oak (*Quercus* sp.) reference chronologies for dating purposes.

**Key words:** dendrochronology, Slovenia, *Abies alba*, *Picea abies*, *Quercus* sp.

datiranje, potrebujemo referenčne kronologije letnih prirastkov za drevesno vrsto, regijo in obdobje, ki ga preučujemo. S primernimi kronologijami seveda razpolagajo samo tisti laboratoriji, ki so v metodo vložili več deset let sistematičnega timskega dela.

V zadnjih letih sta se zaradi naraščajočega propadanja gozdov in zaradi raziskav globalnih sprememb klime oblikovali posebni veji dendrokronologije, dendroekologija in dendroklimatologija.

V pričujočem prispevku je povzet referat, ki je bil dendrokronološki

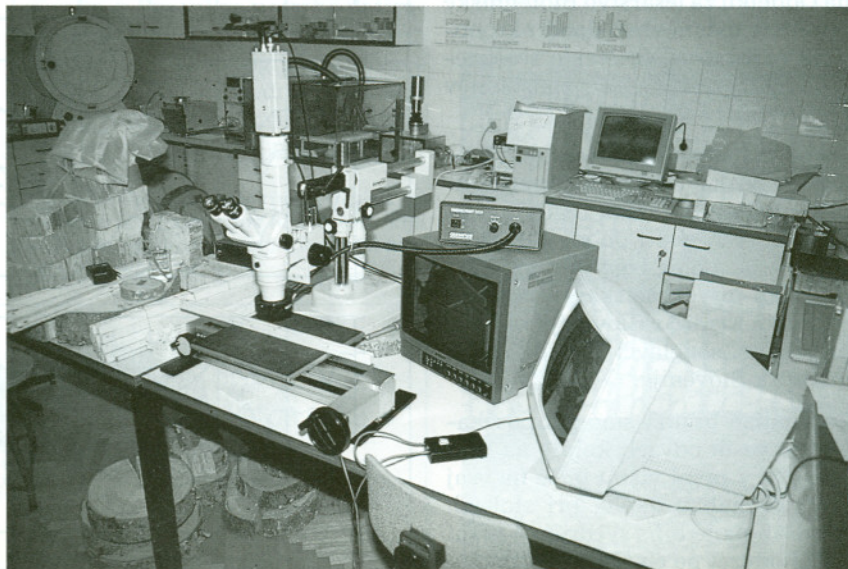
javnosti predstavljen septembra 1994 na simpoziju Advances in European Dendrochronology v nemškem mestu Travemünde.

### REFERENČNE KRONOLOGIJE

Referenčna kronologija navadno začne nastajati z analizo živih dreves. V Severni Ameriki so npr. bori (*Pinus longaeva*) lahko stari tudi nad 4000 let. Tako so tam že z rastočimi drevesi lahko vzpostavili izredno dolge referenčne kronologije, ki so jih uporabili celo za umer-

Slika 1. Oprema za dendrokronološko analizo

Figure 1. The equipment used for dendrochronological analysis



<sup>a)</sup> doc., dr. – Slovenija, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 2

<sup>b)</sup> asist., mag. – Slovenija, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

<sup>c)</sup> asist., dipl. ing. les. – Slovenija, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo



janje in preverjanje datiranja z radioaktivnim izotopom C14. V Evropi tako starih dreves ni, zato so evropske referenčne kronologije sestavljene iz krajših kronologij rastočih dreves (do 500 let), na katere "prilepijo" kronologije, dobljene z analizo zgodovinskega lesa. Za severno Irsko, Anglijo in Nemčijo so na ta način sestavili sklenjene kronologije hrasta, dolge nad 8000 let.

## DENDROKRONOLOGIJA V SLOVENIJI

V Sloveniji so bile dendrokronološke metode večkrat uporabljene (npr. Accetto 1980, 1985; Ferlin 1990, 1991; Levanič 1993 a, 1993 b), vendar se doslej še nihče ni ukvarjal s sistematičnim sestavljanjem dolgotrajnih referenčnih kronologij za potrebe datiranja.

Naša dežela ima zemljepisno izrazit prehodni značaj. Kljub majhnosti jo odlikuje velika klimatska, orografska in geološka raznolikost, ki se odraža tudi v biogeografski in ekološki pestrosti. Tako je Wraber (1969) Slovenijo razdelil na 6 fitogeografskih enot: alpsko, dinarsko, submediteransko, subpanonsko, preddinarsko in predalpsko. Zupančič s sodelavci (1987) je to delitev še nadalje razčlenil. Ob takšni raznolikosti seveda pričakujemo da za datiranje posamezne lesne vrste ne bo zadostovala ena sama referenčna kronologija.

Na pobudo Arheološkega oddelka, Restavratorskega centra in Zavoda za varstvo naravne in kulturne dediščine v Ljubljani je bil leta 1993 na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete ustanovljen dendrokronološki laboratorij in stekle so sistematične raziskave za vzpostavitev referenčnih kronologij.

Za prve sistematične dendrokronološke raziskave je bila izbrana dinarska fitogeografska regija, preučeni drevesni vrsti pa sta bili jelka in smreka. Poleg tega je smo opravili tudi prve raziskave hrasta z različnih rastišč v Sloveniji, ki so ga pripravili sodelavci Gozdarskega inštituta Slovenije.

Za analizo branik smo pri posekanih drevesih odvzeli kolote na bazi drevesa, v prsni višini in še na vsaj dveh višinah v deblu, pri stoječih drevesih pa je bil s svedrom v prsni višini odvzet po en izvrtek s preme-

rom 12 mm. Odvisno od premera drevesa smo uporabili svedre znamke Suunto, dolžine 350 mm ali Mora, dolžine 700 mm.

## DENDROKRONOLOŠKI LABORATORIJ

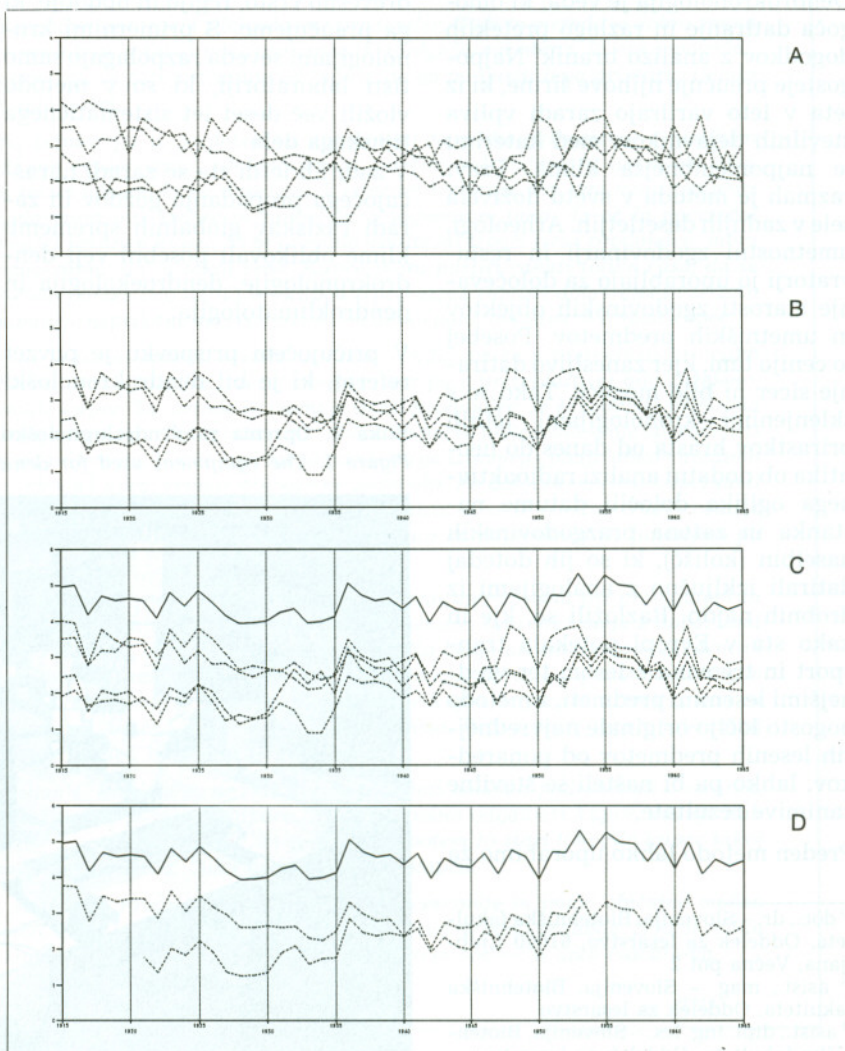
Za merjenje širin branik smo uporabili merilno mizico LINTAB z ročnim pomikom, povezano z osebnim računalnikom. Gladko obdelan les smo opazovali s stereo mikroskopom Olympus SZ 11 z možnostjo zveznega spreminjanja povečave od 18- do 110-krat. Mikroskop je bil opremljen z barvno video kamero Sony CCD/RGB in barvnim moni-

torjem Sony - Trinitron. Merjenje je potekalo tako, da smo objekt položen na merilno mizico pomikali prek vidnega polja na zaslonu in s pritiskom na gumb določali meje med dvema branikama. Zajemanje podatkov je potekalo s programom TSAPX, ki ga je napisal Rinn.

Program TSAPX omogoča tudi grafični prikaz rezultatov, sinhroniziranje časovnih prirastnih krivulj na zaslonu računalnika, kontrolo podatkov in nekatere v dendrokronologiji uveljavljene statistične analize. Za delo z velikimi bazami podatkov smo uporabili program UTIL, ki ga je napisal Levanič, in standardne statistične programe.

Slika 2. Uveljavljen postopek dendrokronološke analize: (A) časovne prirastne krivulje 4 radijev enega drevesa pred sinhroniziranjem in (B) po sinhroniziranju ter datiranju, (C) nastanek kronologije srednjih vrednosti drevesa (polna črta), (D) sestavljanje daljše kronologije (polna črta) iz dveh, delno se prekrivajočih krajših (črtkane črte)

Figure 2. The generally used dendrochronological procedure: a tree ring series 4 measured radii (A) before cross-dating, and (B) after cross-dating. The construction (C) of the mean chronology of a tree (solid line), and the construction (D) of a longer chronology (solid line) by joining together two partly overlapping series (dashed lines)





## TEHNIKA DENDROKRONOLOŠKE ANALIZE

Kadar smo imeli na razpolago kolute, so meritve potekale na dveh do štirih radijih, kadar pa smo analizirali izvrtke, smo meritve na istem radiju ponovili dvakrat. Branike so bile izmerjene na 0.01 mm natančno. Po merjenju smo vsako časovno prirastno krivuljo sinhronizirali z referenčno kronologijo in tako ugotovili morebitne izpade branik. Ko sta bili obe primerjani kronologiji v sinhronem položaju, smo analizirano krivuljo datirali, kar pomeni, da smo za vsako braniko ugotovili, kdaj je nastala (slika 2). Sinhroniziranje je potekalo optično, ugotovitve pa smo preverili tudi z izračunom koeficienta skladnosti in t-vrednosti. Datirane časovne prirastne krivulje smo združili v krivulje srednjih vrednosti posameznih kolutov, dreves in rastišč.

## DENDROKRONOLOŠKE RAZISKAVE JELKE, SMREKE IN HRASTA

Podatke za prvo referenčno kronologijo jelke smo dobili z raziskavami rastišča pri Bistri, ki so bile opravljene v Katedri za tehnologijo lesa (Torelli et al. 1986, Čufar 1990, Torelli et al. 1990, Čufar et al. 1994). V raziskave smo vključili odrasle jelke z gospodarskih sestojev starosti 120 do 240 let.

Na sliki 3 so prikazane kronologije srednjih vrednosti posameznih dreves z Bistre. Podatki kažejo, da je za oblikovanje referenčne kronologije jelke manj primeren les nastal v prvih desetletjih rasti in v obdobju po letu 1960. V mladosti so bile jelke več deset let zastrte in so imele zelo majhen prirastek (slika 4). Pri supresiranih drevesih je na variira-

nje širin branik v manjši meri vplivala klima. Okoli leta 1960 je jelka v okolici Bistre, kot tudi drugod v Sloveniji, začela propadati. Kot prvi znak propadanja je bilo opazno zmanjšanje prirastka. Povprečne širine branik so se tako pri prizadetih drevesih zmanjšale z 2 do 3 mm na nekaj desetink milimetra. Znano je, da pri iglavcih lahko letna prirastna plast v določenem letu sploh ne nastane, ali pa se pojavi le na mestih, kjer je kambij zadovoljivo oskrbljen s hrano in rastnimi hormoni. Tako smo tudi pri proučenih jelkah predvsem po letu 1970 pogosto opazili veliko neskljenjenih in manjkajočih branik (slika 4). Izpad prirastka smo opazili le pri prizadetih drevesih. Pri tistih, ki na zunaj niso kazala znakov propadanja, izpada prirastka nismo ugotovili. Zelo ozke branike smo lahko opazovali le pod mikroskopom (slika 4), njihov izpad pa smo potrdili s sinhroniziranjem (slika 2).

Iz podatkov, prikazanih na sliki 3, je nastala referenčna kronologija, ki je trenutno osnova za nadaljnje sistematčne dendrokronološke raziskave jelke v Sloveniji.

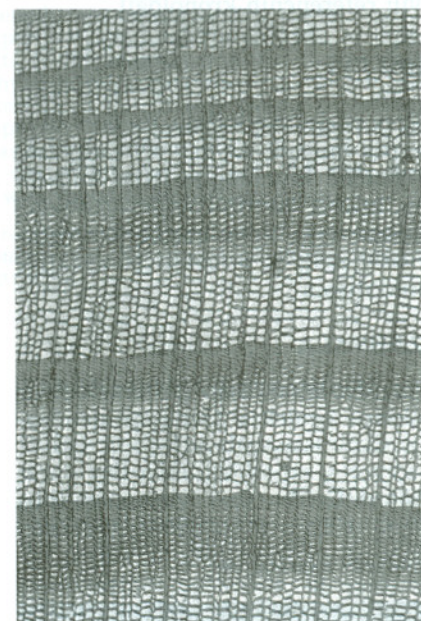
Smreka je poleg jelke pomembna gospodarska vrsta. Njen pomen v zadnjem stoletju narašča, saj jo v dinarski regiji sadijo tudi na rastiščih, kjer je prej rasla izključno jelka. Odločili smo se, da v prve raziskave vključimo samo avtohtono smreko s Kočevske regije, saj je tam mogoče najti stare sestoje, s 300 in več let starimi drevesi. Prve raziskave so pokazale, da bo mogoče vzpostaviti več sto-letne referenčne kronologije. Zaradi širše ekološke amplitude smreke, v Evropi za potrebe datiranja uporabljajo zelo veliko različnih referenčnih kronologij. Raziskave Ferlina (1991) na sedmih raziskovalnih ploskvah v Sloveniji nakazujejo, da bo tudi pri nas datiranje

smreke treba pripraviti več referenčnih kronologij.

Opravili smo tudi preliminarne analize branik hrastov, doba in gradna. Ker doba in gradna po lesu ni mogoče razlikovati, ju nismo obravnavali ločeno niti v primerih, ko je bil na razpolago dendrološki material za natančno določitev drevesne vrste. Uporabili smo samo kolute posekanih dreves. Preučeni hrasti

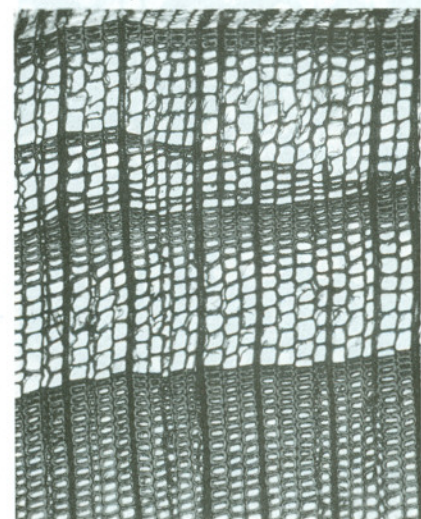
Slika 4. Jelka (*Abies alba* Mill.), prečni prerez. 1 primer branik različnih širin. 2 primer nepopolne branike (NB) in primer izjemno ozke, le za dve celici široke branike (IOB)

Figure 4. Silver fir (*Abies alba* Mill.), transverse section. 1 an example of tree rings of different widths. 2 an example of an incomplete tree ring (NB), and an example of an exceptionally narrow tree ring, only two cells wide (IOB)



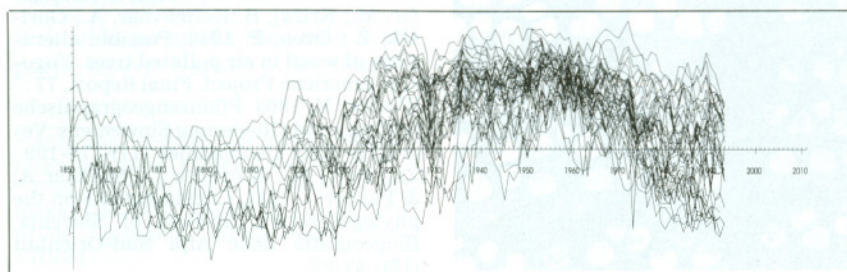
1 — 100 µm

2 — 100 µm



Slika 3. Časovne prirastne krivulje 37 jelk iz poskusne ploskve pri Bistri, ca 20 km jugozahodno od Ljubljane

Figure 3. The mean tree ring series corresponding to 37 silver firs in a forest stand at Bistra, approximately 20 km south-west of Ljubljana





so bili kljub dokaj velikim premerom relativno mladi (okoli 100 let) in so v zadnjih letih praviloma imeli izredno majhen prirastek, tako da pogosto celo z mikroskopom ni bilo mogoče določiti meje med dvema branikama (slika 5). Čeprav v splošno velja, da je za preživetje hrasta vsakoletni nastanek ranega lesa še pred olistanjem drevesa preživetnega pomena, pri preučeni drevesih vsaj delni izpad prirastka ni izključen. Analize hrasta bo treba nadaljevati. Zaradi visoke naravne trajnosti hrastovine je ta zelo zanimiva za arheologe. Za potrebe datiranja pri nas bi bil zelo zanimiv tudi slavonski hrast, ki ga že dolgo uporabljamo. Poudariti je treba, da tako za Slovenijo kot tudi za sosednje države, z izjemo Italije in delno Madžarske, ni na razpolago hrastovih referenčnih kronologij.

## SKLEPI

Prve raziskave kažejo, da bo v Sloveniji mogoče vzpostaviti dolge referenčne kronologije jelke, smreke in hrasta za datiranje zgodovinskega lesa. V ta namen bo treba nadaljevati s pričetim sistematičnim delom.

## ZAHVALA

Raziskovalno delo je potekalo v okviru projekta Uvajanje dendro-

kronologije v Sloveniji, ki ga financira Ministrstvo za znanost in tehnologijo. Zahvaljujemo se Gozdnim gospodarstvom Ljubljana, Postojna in Kočevje, ki so nam omogočila terensko delo in vsem, ki so kakorkoli podprli projekt.

## SUMMARY

Slovenia is located in the southern part of Central Europe. The country has a pronounced transitional character, and is characterized by great geographic, climatic, orographic and geological diversity, with many biogeographically and ecologically different regional units. During recent decades, some dendro-ecological studies have been carried out, but there has been no systematic approach towards the establishing of long-term continuous tree-ring series, to be used as dating tools. For this reason, up until recently Slovenia was considered to be a kind of dendrochronological "white spot". In 1993, with the support of the University's Department of Archeology, as well as that of Slovenia's Restoration Centre and the Republic's Foundation for the Protection of the Natural and Cultural Heritage, a new project entitled "Establishing Dendrochronology in Slovenia" was begun. At the same time a dendrochronological laboratory was established at the Department of Wood Science and Technology of the Biotechnical Faculty. The Dinaric region, which is, according to Wraber (1969), one of Slovenia's six characteristic phytogeographical regions, was selected as the area where the first regional reference chronologies were to be established. Adult mature silver firs (*Abies alba* Mill.), Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and oaks (*Quercus petraea* Liebl. and *Quercus robur* L.) were selec-

ted for these investigations. Disks and cores were taken so that tree ring widths could be measured. The equipment used was a LINTAB measuring device combined with the computer programme TSAPX, developed by Rinn, and the author's own computer programme, UTIL. The data were processed using standard methods. In the article the possibilities for the construction of standard reference chronologies for fir, spruce, and oak are discussed. Firs and spruce are generally among the oldest living trees in the Dinaric region, and could provide a good basis for the establishing of long-term reference chronologies. Recent and archaeological fir, spruce, and oak wood specimens should also be collected in order to complete the preliminary results. For this purpose, the systematic team research work already begun should continue.

## LITERATURA

- Acceto, M. 1985. Dendrokronologija v službi zgodovinskih in drugih ved. Pomen zgodovinske perspektive v gozdarstvu. Gozdarski študijski dnevi. UEK Ljubljana, p. 139-144.
- Acceto, M. 1980. Rast bora *Pinus Hel-dreichii* Christ na planini Prenj v Bosni in Hercegovini. Diss. Univ. Ljubljana.
- Čufar, K. 1990. Električna upornost tkiv, prirastne značilnosti in odziv na poškodbe pri zdravih in prizadetih jelkah. Univ. Ljubljana. Disertacija. 167 str.
- Čufar, K.; T. Levanič & N. Torelli. 1995. Growth characteristics of silver fir from three test plots in Slovenia. Ecology and Silviculture of European Silver Fir. IU-FRO WP: S 1.01 - 08, Altenstiegl, Germany. V tisku.
- Ferlin, F. 1990. Vpliv onesnaženja ozračja na rastno obnašanje in rastno zmogljivost odraslih smrekovih sestojev. Univ. Ljubljana. Magistrsko delo.
- Ferlin, F. 1991. Nekateri značilnosti pojava umiranja smreke in njenega prirastnega odzivanja na imisijske strese. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 37: 125-156.
- Levanič, T. 1993 a. Vpliv melioracij na rastne in prirastne značilnosti črne jelše (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), ozkolistnega jesena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) in doba (*Quercus robur* L.) v Prekmurju. Univerza v Ljubljani. Magistrska naloga. 114 str.
- Levanič, T. 1993 b. Vpliv melioracij na debelinsko rast in prirastek črne jelše, ozkolistnega jesena in doba v Prekmurju. Zbornik gozdarstva in lesarstva 42: 7-65.
- Torelli, N.; Čufar, K.; Robič, D. 1986. Nekateri ksilotomski, fiziološki in gozdnogojitveni vidiki umiranja jelke v Sloveniji. Les 38 (11/12): 297-303.
- Torelli, N.; Čufar, K.; Robič, D.; Zupančič, M.; Križaj, B.; Kermavnar, A.; Gorišek, Ž.; Oven, P. 1990. Possible alterations of wood in air polluted trees. Yugoslav American Project. Final Report, 77.
- Wraber, M. 1969. Pflanzengeographische Stellung und Gliederung Sloweniens. Vegetatio. Acta Geobotanica (17): 176-199.
- Zupančič, M.; Marinček L.; Seliškar A. & Puncer, I. 1987. Considerations on the phytogeographic division of Slovenia. Biogeografia delle Alpi Sud-Orientali (13): 89-98.

Slika 5. Graden (*Quercus petraea* Liebl.), prečni prerez. Levo: primer branik tipičnih širin. Desno: primer zelo ozkih branik brez kasnega lesa

